

**3D-PINTAKUVANTAMISEN KÄYTTÖ HALKIOPOTILAJEN HOIDOSSA JA
SEURANNASSA**

HLK Tenhu Laura
Syventävät opinnot
Hammaslääketieteen
laitos/
Ortodontia,
Oulun yliopisto
Ohjaaja:
Dos. Harila Virpi

OULUN YLIOPISTO
Lääketieteellinen tiedekunta
Hammaslääketieteen tutkinto-ohjelma

TIIVISTELMÄ

Tenhu, Laura: 3D-pintakuvantamisen käyttö halkiopotilaiden hoidossa ja seurannassa
Syventävien opintojen tutkielma: 25 sivua, 0 liitettä

Vuonna 2004 syntyi 1,39 halkiolasta 1000:sta vastasyntyneestä (Omari ym. 2004). Tiedetään, että halkioiden synty on etiologialtaan monitekijäinen prosessi ja siihen vaikuttavat vahvasti periytyvyys ja jonkin verran ulkoiset tekijät. Halkio vaikuttaa lapsen ja vanhempien kiintymyssuhteen kehittymiseen, lapsen syömiseen ja ravinnon saantiin, puheen kehittymiseen, leuan ja hampaiden kehittymiseen sekä purentaan. Lisäksi halkiolapsilla esiintyy korva- ja kuulo-ongelmia normaalia enemmän. Halkiot voidaan jakaa karkeasti huulihalkioihin, huuli-ienhalkioihin, huuli- suulakihalkioihin ja pelkkiin suulakihalkioihin. Halkiopotilaat tarvitsevat moniammatillista hoitoa syntymästä aikuisikään asti. Halkion hoitomenetelmän valintaan vaikuttaa mm. halkion anatominen rakennetyyppi.

Kuvantaminen on yksi tärkeimmistä työkaluista arvioimaan ja rekisteröimään kraniofasiaalisia rakenteita. Käytettävät staattiset 2D-kuvantamistekniikat eivät mahdollista rakenteiden syvyyden tutkimista, toisin kuin kolmesta ulottuvuudesta (x-, y- ja z-akseli) koostuva 3D-kuvantaminen. 3D-kuvantaminen on saavuttanut merkittävän roolin hammaslääketieteessä, erityisesti oikomishoidossa ja suun ja kasvojen kirurgiassa. 3D-pintakuvantaminen on ionisoimaton ja terveydelle haitaton pehmytkudokset huomioiva tutkimusmenetelmä, joka soveltuu siksi hyvin myös halkiolasten kuvantamiseen. Kuvantamismenetelmä soveltuu hyvin halkiopotilaiden kasvojen eri osa-alueiden muutosten kartoittamiseen ja seuraamiseen.

3D-pintakuvantaminen on validi ja toistettavissa oleva menetelmä, jonka voidaan todeta soveltuvan huuli- ja suulakihalkiopotilaiden hoidonseurantaan. Menetelmää voidaan käyttää halkiopotilaiden hoidon tulosten arvioinnissa, hoidon suunnittelussa, hoitomenetelmien kehittämisessä, hoidon vaikuttavuuden analysoinnissa ja myös potilaan informoinnissa. 3D-pintakuvantaminen on sekä potilaan että ammattilaisen näkökulmasta helpokäyttöinen, nopea ja turvallinen menetelmä, mikä lisää sen hyödynnettävyyttä.

Asiasanat: 3D-pintakuvantaminen, stereofotogrammetria, huuli- ja suulakihalkiot, halkiopotilaat

Sisällysluettelo

1	JOHDANTO	4
2	HALKIOPOTILAAT	4
2.1	Halkioiden yleisyys ja taustaa	4
2.2	Suulaen anatomia.....	6
2.3	Halkiotyypit.....	8
2.3.1	Huulihalkiot ja huuli- suulakihalkiot.....	9
2.3.2	Suulakihalkiot.....	11
2.4	Halkiopotilaiden hoito	12
3	3D-PINTAKUVANTAMINEN	14
3.1	Huuli -ja suulakihalkiopotilaiden 3D-kuvantaminen	16
3.2	3D-pintakuvantamisen käyttöympäristö.....	17
4	3D-PINTAKUVANTAMISEN KÄYTTÖ HALKIOPOTILAIDEN HOIDOSSA JA SEURANNASSA	18
5	TULOKSET	23
6	POHDINTA.....	24
7	YHTEENVETO	25
8	LÄHTEET	26

1 JOHDANTO

Syventävä tutkielma, 3D-pintakuvantamisen käyttö halkiopotilaiden hoidossa ja seurannassa, on kirjallisuuskatsaus, jonka tarkoituksena on tutkia, miten 3D-pintakuvantamista voidaan hyödyntää halkiopotilaiden seurannassa ja hoidossa. Tutkimus tehdään pelkästään kirjallisuuskatsauksena, jossa selvitetään, miten 3D-pintakuvantamista hyödynnetään tällä hetkellä halkiopotilaisiin, paljonko sitä käytetään kyseisten potilaiden hoidossa ja seurannassa sekä miten sitä voitaisiin hyödyntää enemmän tulevaisuudessa. Tutkimuksella pyritään luomaan lisää tietämystä kootusti 3D-pintakuvantamisen nykytilasta, kehityksestä ja toimivuudesta. Tätä tietoa on olemassa, mutta sitä ei ole tutkittu kokonaisuutena, joka on tämän tutkimuksen keskeinen tarkoitus.

Tutkielmassa esitellään lyhyesti eri halkiotyyppejä, niiden anatomiaa sekä esiintyvyyttä. Myös eri 3D-kuvantamismenetelmiä käydään lyhyesti läpi. Tutkimuksen keskeisenä sisältönä on 3D-pintakuvantamisen hyödyntäminen huuli- ja suulakihalkiopotilaiden hoidon seurannassa. Nämä aihealueet käsitellään pohjautuen eri artikkeleihin, aikaisempiin tutkimuksiin, konferenssijulkaisuihin sekä kirjoihin. Tutkielmassa käytettyjä tietokantoja ovat Scopus, PubMed ja Google Scholar. Haussa käytettyjä hakusanoja ovat mm. cleft lip and palate, CLP, cleft palate, cleft palate repair, isolated cleft palate, 3dMD, three-dimensional stereophotogrammetry, stereophotogrammetry, C3D, 3D surface imaging technology ja 3D facial morphometry. 3D-pintakuvantaminen soveltuu huuli- ja suulakihalkiopotilaiden hoidon seurantaan ja kyseistä kuvantamismenetelmää käytetään halkiopotilaiden hoidon seurantaan jo useissa tapauksissa.

2 HALKIOPOTILAAT

2.1 Halkioiden yleisyys ja taustaa

Omari ym. (2004) tekemän tutkimuksen mukaan 1,39 lasta 1000:sta syntyi huuli- ja/tai suulakihalkioisena. Näistä 30% oli huulihalkioisia, 22% suulakihalkioisia ja 48%:lla oli molemmat. Tutkimuksessa halkioiden kanssa syntyneistä hieman suurempi osa oli poikia (55%), mutta suulakihalkiot olivat yleisempiä tytöillä. Tutkimus tehtiin Jordaniassa

vuosina 1991 – 2001. Burg ym. (2016) tekemässä tutkimuksessa havaittiin, että suulakihalkioita on eniten Kanadan Brittiläisessä Kolumbiassa (2,53 / 1000 syntynyttä), Suomessa (1,43 / 1000 syntynyttä) ja Maltalla (1,41 / 1000 syntynyttä). Pienimmät esiintymät löydettiin Afrikasta (0,19 / 1000 syntynyttä), Kolumbiasta (0,17 / 1000 syntynyttä) ja Kuubasta (0,14 / 1000 syntynyttä). Suomessa huulihalkioita ja huuli-suulakihalkioita esiintyy 0,96/1000 syntynyttä kohden ja suulakihalkioita 1,36/1000 syntynyttä kohden. Halkioita esiintyy Suomessa hieman enemmän tytöillä kuin pojilla. (Lithovius 2015) Noin viidelläkymmenellä prosentilla suulakihalkion omaavista halkio on osana tunnettua geneettistä oireyhtymää tai osana jotain muuta epämuodostumaa (Burg ym. 2016). Tällaisia syndroomia on todettu olevan yli 400 ja niitä ovat esimerkiksi CATCH-oireyhtymä, Van der Wouden oireyhtymä, Sticklerin oireyhtymä, Treacher Collinsin oireyhtymä, Nagerin oireyhtymä, Fetaalialkoholioireyhtymä (FAS), Robinin sekvenssi ja Microsomia hemifacialisoireyhtymä (Burg ym. 2016, Hukki & Kalland 1998). Lopuilla halkiot esiintyvät yksittäisinä defekteinä, joita kutsutaan usein ei -syndroomisiksi halkioiksi (Burg ym. 2016). Burg ym. (2016) tutkimuksen mukaan halkioiden esiintyvyys olisi naisilla miehiä yleisempää.

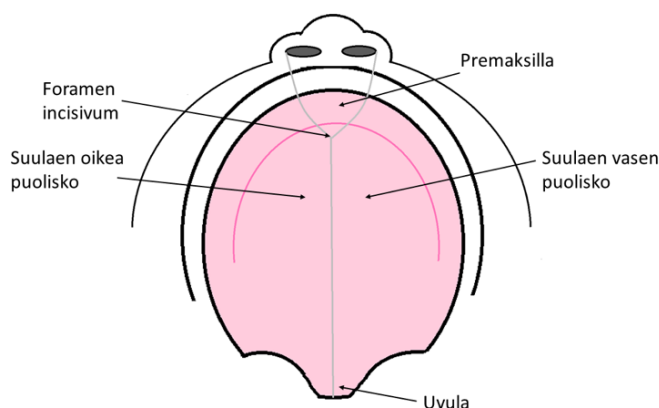
Tiedetään, että halkioiden synty on etiologialtaan monitekijäinen prosessi ja siihen vaikuttavat vahvasti periytyvyys ja jonkin verran ulkoiset tekijät (Burg ym. 2016, Hukki & Kalland 1998). Halkioiden syntymekanismia ei kuitenkaan tunneta vielä tarkkaan. Tällä hetkellä tiedetään, että huuli- ja suulakihalkiot syntyvät ensimmäisen raskauskolmanneksen aikana, raskausviikkojen 5-12 välillä. Raskausviikolla 7 ja 8 syntyy herkimmin suulaenkehityshäiriöitä. Raskausviikon 9 jälkeen ulkoiset tekijät eivät enää vaikuta suulaen kehitykseen ja suulaki sulkeutuu kokonaan raskausviikkoon 12 mennessä. 3-8% halkioista johtuu perintöaineksen häviämisestä perimän tärkeästä kohdasta tai virheestä yhdessä yksittäisessä perintötekijässä. Huulihalkiot ja huuli- suulakihalkiot ovat hieman periytyvämpiä kuin suulakihalkiot. Tutkimusten perusteella tiedetään, että ulkoisista tekijöistä pieni kerta-annos alkoholia, käsikauppasärkyläaakteet, antibiootit, allergialääkkeet, unilääkkeet ja useimmat muut lääkkeet sekä infektioaudit, eivät aiheuta halkioita syntyvillä lapsilla (Hukki & Kalland 1998). Äidin raskaudenajan tupakoinnin on kuitenkin todettu olevan yhteydessä syntyvän lapsen suulakihalkioiden muodostumiseen ja esiintyvyyteen (Burg ym. 2016, Martelli ym. 2015). Martelli ym. (2015) mukaan erityisesti tupakoinnin vaikutus on havaittavissa tyttölasten osalta. Toisaalta kuitenkin tutkimuksen mukaan pojilla on 3,5 kertaa suurempi todennäköisyys syntyä halkiollisena.

Halkioista on aina haittaa lapselle ja se vaikuttaa sekä lapsen että koko perheen hyvinvointiin ja elämänlaatuun (Wehby & Cassell 2010). Halkio voi vaikuttaa lapsen ja vanhempien kiintymyssuhteen kehittymiseen, lapsen syömiseen ja ravinnon saantiin, puheen kehittymiseen sekä kasvojen estetiikkaan ja sitä kautta nuorten itsetuntoon. Lisäksi halkiolla on vaikutusta leukojen ja hampaiden kehitykseen ja purentaan. Suulakihalkion omaavilla lapsilla on todettu myös huomattavasti enemmän välikorvan tulehduksia ja kuulo-ongelmia verrattuna muihin lapsiin. (Hukki & Kalland 1998, Lithovius 2015) Korvassa voi esiintyä rakenteen muutoksia, mutta yleensä halkiopotilaiden korvan rakenne on normaali. Halkiolasten lihakset kiinnittyvät epätavallisella tavalla suulakeen, mikä aiheuttaa korvatorven toiminnassa poikkeavuutta. Tämän vuoksi välikorva ei pääse tuulettumaan normaalisti, välikorvan limakalvo paksunee ja muodostaa eritettä. Tapahtumaa kutsutaan liimakorvaksi. Tämä on halkiolapsella normaali tila, joka aiheuttaa kuulon heikkenemistä. (Hukki & Kalland 1998)

2.2 Suulaen anatomia

Ihmisen suulaki muodostuu luisesta kovasta suulaesta ja fibromuskulaarisesta pehmeästä suulaesta (Burg ym. 2016). Yläleuan muodostaa kolme osaa (kuva 1): kaksi suulaen puoliskoa ja etuosassa suulaen puoliskojen välissä sijaitseva pieni kolmiomainen premaksillaksi kutsuttu osa. Aluetta kutsutaan myös kovaksi suulaeksi. Premaksilla on osana suulakea, hammaskaaren etuosaa ja huulen keskiosaa eli prolabiumia. Suulaen kaksi puoliskoa muodostavat kovan suulaen loppuosan ja hammaskaaret. Premaksilla yhdistyy nenän väliseinään suulaen yläpuolella ja suulaen molemmat puoliskot yhdistyvät nenän väliseinän alareunan ja premaksillan kanssa. Premaksillan ja suulaen puoliskojen yhtymäkohtaan jää pieni reikä, jota kutsutaan foramen incisivumiksi. Premaksilla ja suulaen puoliskot liittyvät toisiinsa raskausviikkojen 6-9 aikana. (Hukki & Kalland 1998) Suulaki voidaan lisäksi jakaa toisella tavalla kahteen alueeseen: primääriseen ja sekundääriseen suulakeen. Primäärinen osa muodostuu huulesta, alveolista ja suulaen kovan osan etualueesta. Sekundäärinen osa puolestaan muodostuu suulaen kovan osan taka-alueesta sekä suulaen pehmeästä osasta. Primäärinen osa yhdessä ylähuulen kanssa muodostuu sikiön kehityksessä seitsemänten viikkoon mennessä. (Gleason & Juul, 2018) Kymmenenteen raskausviikkoon mennessä sekundäärinen osa yhdistyy primäärisen osan ja nenän septumin kanssa (Mossey ym. 2009). Mikäli suulaen osien yhteenliittyminen ei

onnistu normaalisti, syntyy suulakihalkio. Ongelma eri vaiheessa ja kohdassa suulaen osien yhdistymisessä aiheuttaa eri tyyppisiä halkioita. (Hukki & Kalland 1998) Naisilla suulaki sulkeutuu noin viikon myöhemmin kuin miehillä, mikä altistaa suulakihalkiolle (Burg ym. 2016).



Kuva 1 Suulaen anatomia (Laura Tenhu 2020)

Halkion seurauksena suun ympärälihakset eivät pysty kasvamaan normaalisti yhteen ja muodostamaan siten yhtä yhtenäistä lihasta yläleuan alueella, vaan kiinnittyvät virheellisesti halkion läheisyyteen. Tämä aiheuttaa lihaksiston puutteellista toimintaa halkioalueella ja lihasten väärin suuntautuvat voimat voivat laajentaa halkiota, minkä seurauksena luustoon ja pehmytkudoksiin syntyy eri halkiotyypeille tyypilliset muutokset. Ylähuulen ja nenän välissä on kuoppamainen alue, filtrum, jota rajaa molemmin puolin ihoharjanne. Ihoharjanteiden kohdalla sijaitsee yläleuan keskikappaleiden yhdistymiskohdat. Näihin yhdistymiskohtiin voi muodostua huulihalkio, joko vain toiselle puolelle tai molemmin puolin filtrumia. Toispuolisessa halkiossa premaksillan toisen puolen liitoskohta suulakeen on jäänyt auki. Tämän seurauksena suuta ympäröivä rengasmainen orbicularis oris- lihas ei ole päässyt yhdistymään ylähuulen puolella, vaan katkeaa halkion kohdalta ja lihaksen päät kiinnittyvät halkion reunoihin. Sen vuoksi premaksillan halkion puoleinen reuna pyrkii kiertymään ylöspäin ja kääntymään ulos, ja halkion reunaan kiinnittyy halkion puoleisen sieraimen pieli. Tämä aiheuttaa sieraimen seinämään venytystä, minkä seurauksena sierain on litteä ja nenän kärki madaltunut normaaliin tilanteeseen verrattuna. Toisella puolella halkiota lihakset kiinnittyvät nenän väliseinän alueelle vetäen nenän rustoista väliseinää vinoon kohti suun tervettä puolta. Molemminpuolisessa halkiossa premaksillan ja suulaen väliset liitoskohdat ovat jääneet molemmilta premaksillan sivuilta auki ja premaksilla kiinnittyy ainoastaan yläpuolella

olevan nenän väliseinän etuosaan. Tämän seurauksena ylähuulen lihakset eivät ulotu premaksillaan, vaan kiinnittyvät suupieliin ja sierainten alle. Koska premaksillalta puuttuu lihastuki, se pääsee työntymään eteen ja ylöspäin, ja nenän muoto on litteä. Lihakset saattavat joskus liittyä myös halkion vastakkaiselle puolelle ylittäen halkion, ja auttavat siten halkiota pysymään kapeana. (Hukki & Kalland 1998)

Pehmeä suulaki muodostuu lihaksista, jotka liikuttavat suulakea. Pehmeän suulaen lihakset muodostavat yhdessä nielun lihasten kanssa renkaan. Renkaan lihasten supistuessa suulaki nousee kiinni nenänielun seinään sulkien nenä- ja suuontelon välisen ilmatieyhteyden. Tämä mahdollistaa alipaineen muodostumisen suuonteloon ja siten imemisen ja selkeän puheen tuottamisen. Suulaen halkiossa pehmeän suulaen lihakset eivät pääse kiinnittymään suulaen keskellä toisiinsa, vaan kiinnittyvät kovan suulaen takareunassa väärään kohtaan jättäen suulakeen lihasten välille raon. Täten lihasrenkas ei muodostu yhtenäiseksi renkaaksi eikä pysty toimimaan normaaliin tapaan. Näin käy riippumatta siitä, onko kyseessä pelkkä suulakihalkio vai huuli- suulakihalkio. (Hukki & Kalland 1998)

2.3 Halkiotyypit

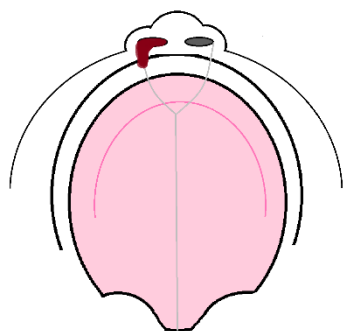
Halkioita on eri vaikeusasteisia ja ne voivat sijaita pehmeässä suulaessa, kovassa suulaessa ja alveoliluulla (Burg ym. 2016). Halkiot jaetaan syntytapansa perusteella huuli- ja huuli-suulakihalkioihin sekä pelkkiin suulakihalkioihin (Hukki & Kalland 1998). Pelkkä suulakihalkio on harvinaisin halkion esiintymismuoto ja sitä esiintyy noin 33%:lla halkiopotilaista (Burg ym. 2016). Lithoviuksen (2015) mukaan Suomessa yleisin halkiotyyppi oli kuitenkin suulakihalkio (68,7%), toiseksi yleisin huuli- suulakihalkio ja kaikkein harvinaisin pelkkä huulihalkio (12,6%). Huulihalkiot ja huuli- suulakihalkiot voidaan jakaa edelleen huulihalkioihin, huuli-ienhalkioihin ja huuli- suulakihalkioihin. Kaikki halkiot voivat esiintyä toispuolisina tai molemminpuolisina ja halkioita voi olla eri asteita. Mikäli halkio ei istu kuvaukseltaan mihinkään halkiotyypeistä, voi kyseessä olla eri halkiotyyppien sekamuoto. Kaikkein tavallisin sekamuoto on huulihalkio, johon liittyy erillinen suulakihalkio. (Hukki & Kalland 1998) Halkioiden toispuolisuus on huomattavasti yleisempää kuin niiden molemminpuolisuus. Arviolta jopa 75% halkiosta ilmenee vain toispuolisina. Toispuolisissa halkioissa on yleisempää se, että halkio ilmenee vasemmalla puolella. Halkiot voivat olla myös niin sanotusti submukosaaalisia eli

ienkudoksen alla sijaitsevia. Näitä ei havaita helposti pintapuolisessa tutkimuksessa. (Hupp ym. 2014)

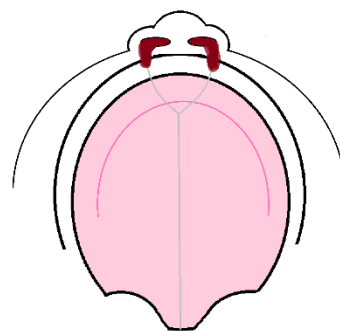
2.3.1 *Huulihalkiot ja huuli- suulakihalkiot*

Huulihalkioihin ja huuli- suulakihalkioihin kuuluvat toispuolinen huulihalkio, molemminpuolinen huulihalkio, toispuolinen huuli-ienhalkio, molemminpuolinen huuli-ienhalkio, toispuolinen huuli- suulakihalkio ja molemminpuolinen huuli- suulakihalkio. (Hukki & Kalland 1998)

Toispuolisessa huulihalkiossa (kuva 2) halkio sijaitsee vain huulen alueella. Luurakenteet ovat aina ehjät, joten kyse on osittaisesta halkiosta. Huulihalkio voi esiintyä lievänä tai vaikea-asteisena ja siihen voi liittyä suulaen piilohalkio. Molemminpuolinenkin huulihalkio (kuva 3) sijaitsee vain huulen alueella ja on aina osittainen, koska luurakenteet ovat ehjät. Siinä filtrum puuttuu eikä huulen keskiosassa ole lihaksia. Rengasmaisen orbicularis oris- lihas on katkennut kokonaan tai osittain ja sen päät kiinnittyvät sierainten alaosaan, mikä voi aiheuttaa sierainten vetäytymistä sivulle ja siten tehdä nenästä litteän ja leveän. (Hukki & Kalland 1998)



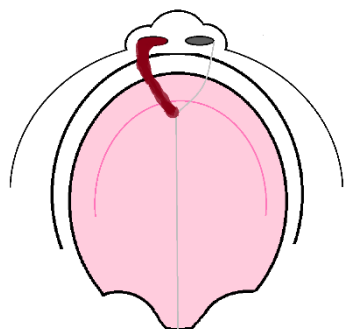
Kuva 2 Toispuolinen huulihalkio (Laura Tenhu 2020)



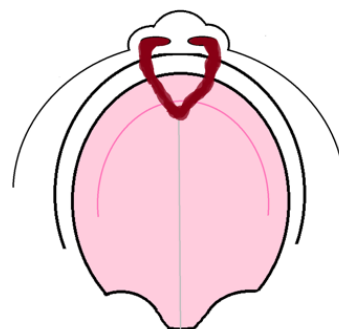
Kuva 3 Molemminpuolinen huulihalkio (Laura Tenhu 2020)

Toispuolisessa huuli-ienhalkiossa (kuva 4) muutoksia on aina huulen lisäksi myös hammaskaaren luurakenteessa, mutta suulaki on ehjä. Kyseisissä tapauksissa huulihalkio on usein täydellinen, mutta ienhalkion suhteen kyseessä voi olla joko osittainen ienhalkio, jolloin halkiokohdassa hammaskaarella on pieni painauma tai rako, tai täydellinen ienhalkio, jolloin halkio voi olla leveä ja hammaskaaret kiertyneet. Nenä on tyypillisesti

toispuolisessa huuli-ienhalkiossa litistynyt halkion puolelta, koska sieraimen pieli kiertyy ja vetäytyy sivulle voimakkaasti. Molemminpuolisessa huuli-ienhalkiossakin (kuva 5) suulaki on ehjä, mutta halkiot esiintyvät ikenellä molemmin puolin premaksillaa sekä ylähuulessa. Yleensä halkio on osittainen. Toispuoliseen huuli-ienhalkioon verrattuna nenän pielet ovat siirtyneet voimakkaammin sivusuuntaan aiheuttaen litteämmän ja leveämmän nenän. Lisäksi premaksilla voi kiertyä ylös- ja eteenpäin. Kyseessä on halkioiden vähän harvemmin esiintyvä muoto. (Hukki & Kalland 1998)



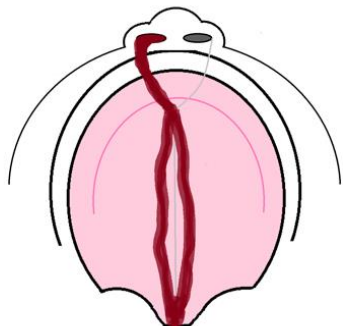
Kuva 4 Toispuolinen huuli-ienhalkio (Laura Tenhu 2020)



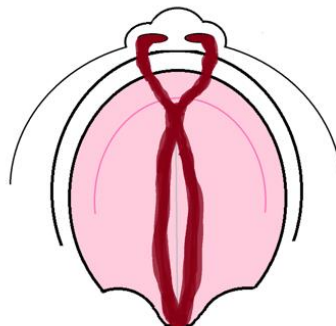
Kuva 5 Molemminpuolinen huuli-ienhalkio (Laura Tenhu 2020)

Toispuolinen huuli-suulakihalkiotyyppi (kuva 6) esiintyy yleensä täydellisenä, minkä vuoksi kyseessä on yleensä leveä halkio, joka aiheuttaa voimakkaita muutoksia nenän ulkonäköön kallistamalla nenän väliseinää voimakkaasti. Usein hammaskaarten puoliskot kiertyvät toisiinsa nähden. Joskus huulen yläosassa on Simonartin juosteeksi kutsuttu halkioita yhdistävä osa, joka estää halkiota levenemästä. Sen ansiosta halkion vaikutukset nenän ulkonäköön ovat vähäisempiä ja ien- ja suulakihalkioiden leveys jää kapeammaksi. Tähän halkiotyyppiin kuuluu myös ienhalkio. Molemminpuolinen huuli- suulakihalkio (kuva 7) esiintyy myös yleensä täydellisenä. Siinä halkio kulkee molemmin puolin premaksillaa tehden premaksillan irtonaiseksi suulaen puoliskoista. (Hukki & Kalland 1998) Lihakset ja muut rakenteet eivät ole estämässä premaksillan kasvua ja kiertymistä eteen- ja ylöspäin, mikä aiheuttaa sierainten vetäytymisen taakse ja alaspäin, nenän väliseinän lyhyeksi jäämisen ja leveän litteän nenän. Ääritapauksissa premaksilla voi olla kääntyneenä eteenpäin, jopa vaaka-asentoon. (Fisher & Sommerlad 2011, Hukki & Kalland 1998) Lisäksi hammaskaaren keskiosa sijaitsee yleensä pari senttiä edempänä

suulaen puoliskoihin nähden ja nenän väliseinä on nähtävillä kokonaisuudessaan suulaen puoliskojen välistä (Hukki & Kalland 1998).



Kuva 6 Toispuolinen huuli-suulakihalkio (Laura Tenhu 2020)



Kuva 7 Molempinpuolinen huuli-suulakihalkio (Laura Tenhu 2020)

2.3.2 Suulakihalkiot

Suulakihalkiot voivat olla eri asteisia ja ne voidaan jakaa anatomiansa perusteella kaksiosaiseen uvulaan, pehmeään suulaen halkioon, osittaiseen (epätäydelliseen) kovaan suulaen halkioon ja täydelliseen suulakihalkioon. (Hukki & Kalland 1998) Yksinkertaistettuna täydellisen ja epätäydellisen suulakihalkion erona on se, että täydellisessä halkiossa ei ole halkion yli menevää kudosta ja se kulkee foramen incisivumiin asti, kun taas epätäydellisessä halkiossa halkion yli kulkee edes vähän kudosta, eikä halkio jatku yhtenäisenä incisivumiin asti. (Gleason & Juul 2018, Hukki & Kalland 1998)

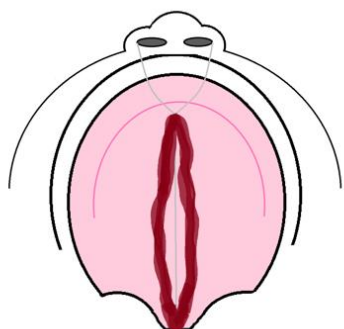
Suulakihalkion lievimmässä esiintymismuodossa, kaksiosaisessa uvulassa, uvula voi olla vain hieman halki kärjestään tai jakautunut kokonaan kahtia. Mitään muuta poikkeavaa suulaessa ei välttämättä näy. Uvulan halkeaman lisäksi suulaessa voi esiintyä limakalvonalainen piilosuulakihalkio, joka ei päälle päin näy, mutta voi tuntua suulaen keskikohdan limakalvon alla vakona. Kun piilohalkiota ei voida havaita suun kautta tehdyssä tutkimuksessa, on kyseessä okkultti piilosuulakihalkio, joka todetaan tähytintutkimuksella. (Hukki & Kalland 1998, Lithovius 2015)

Pehmeän suulaen halkio sijaitsee pehmeän suulaen alueella eri asteisina ja sen näkyvä osa rajoittuu kovan suulaen takareunaan. Luinen halkio voi kuitenkin ylittää pehmyttä suulakea

edemmäskin. Näille halkioille on tyypillistä se, etteivät ne ole yleensä kovin leveitä. (Hukki & Kalland 1998)

Osittaisen kovan suulaen halkion näkyvä osa ulottuu pehmeästä suulaesta kovaan suulakeen ja loppuu ennen foramen incisivumia. Luussa halkio voi kuitenkin kulkea foramen incisivumiin asti. Halkion pituudesta ja leveydestä riippuen halkiosta voi nähdä nenän väliseinän. Osittainen kovan suulaen halkio on yleisin suulakihalkiotyyppi. (Hukki & Kalland 1998)

Täydellisessä suulakihalkiossa (kuva 8) halkio ulottuu foramen incisivumiin ja halkiosta pystyy näkemään nenän väliseinän. Halkion laajuus voi vaihdella, mutta yleisimmin ne ovat melko leveitä. (Hukki & Kalland 1998)



Kuva 8 Täydellinen suulakihalkio (Laura Tenhu 2020)

2.4 Halkiopotilaiden hoito

Halkiopotilaat tarvitsevat moniammatillista hoitoa syntymästä aikuisikään asti. Halkiolasten hoitoon sisältyy plastiikkakirurgiaa, leukakirurgiaa, korva-, nenä- ja kurkkutautioppia, puheterapiaa, kuulo-oppia, psykologista neuvontaa, geenitestausta ja -neuvontaa, hammaslääketiedettä ja hampaidenoikomisoppia. (Burg ym. 2016) Halkion hoitomenetelmän valintaan vaikuttaa halkion anatominen rakennetyyppi. Ensimmäisen vuoden aikana halkiolapselle tehdään 3-4 kuukauden iässä huuli-nenäplastia ja 9-12 kuukauden iässä suulakiplastia. (Hukki & Kalland 1998)

Huuli-nenäplastiaassa lihaksisto pyritään saamaan vastaamaan mahdollisimman normaalia tilannetta huulen ja sieraimen pohjan alueella, huulen alue muotoillaan mahdollisimman esteettiseksi ja nenän epäsymmetria korjataan. (Hukki & Kalland 1998) Huuli- ja

suulakihalkioiden primäärileikkauksen ensisijainen tavoite on parantaa kasvojen ulkonäköä tekemällä kasvot symmetrisemmäksi (Nadjmi ym. 2016). Suulakiplastiassa suulaen halkio suljetaan ja pehmeän suulaen rakenteet korjataan. (Hukki & Kalland 1998) Tarkoitus on saada aikaiseksi mahdollisimman hyvät olosuhteet lapsen puheen kehittymiselle. Vuosien aikana on kehitetty ja paranneltu useita menetelmiä keskittyen joko suulaen pidentämiseen tai lihasten liittämiseen tai molempiin. Pehmeän suulaen korjaustekniikoita voidaan käyttää erikseen tai tarvittaessa yhdistettynä kovan suulaen korjaustekniikoihin. (Burg ym. 2016) Halkion sulkemisessa pyritään erottamaan suu- ja nenäontelo toisistaan ja luomaan kelvollinen velofaryngeaalinen läppä nielemiseen ja puheen tuottoon. Samalla pyritään myös säilyttämään yläleuan mahdollisimman normaali kasvu ja toimivan purennan kehittyminen sekä kehityksen normaali jatkuminen. (Burg ym. 2016, Hukki & Kalland 1998) Mitä laajempi ja täydellisempi suulakihalkio on, sitä todennäköisemmin korjausleikkauksesta aiheutuu haittaa leuan kasvulle. Vuoden ikään mennessä halkiolapsen ulkonäköä on korjattu mahdollisimman esteettiseksi ja yleensä saavutettu normaali nenän, huulten ja suulaen toiminta. (Hukki & Kalland 1998)

Halkiolasten pysyvien hampaiden kehitys on usein noin puoli vuotta myöhässä normaalista kehitystahdista. Huulihalkion ja täydellisen huuli- suulakihalkion kohdalle puhkeava pysyvä hammas voi puhjeta huomattavastikin myöhemmin normaaliin puhkeamisajankohtaan nähden. Puhkeamisaikataulumuutosten lisäksi hampaiden rakenteessa ja muodossa sekä määrässä voi esiintyä poikkeavuutta. Tyypillisimpiä muutoksia ovat pysyvien hampaiden puuttuminen tai ylimääräiset maitohampaat, hampaiden pieni koko ja muodon muutokset, hampaiden pinnan epätasaisuus ja kiilteen ruskehtavat laikut. Lisäksi halkiolapsilla on purentavirheitä, joiden vaikeus ja laajuus riippuu halkiotyypistä ja halkion vaikeusasteesta. (Hukki & Kalland 1998)

Halkiolasten purentavirheiden korjaus oikomishoidolla aloitetaan yleensä kouluiässä. Tapauksissa, joissa purentavirhe hankaloittaa puheen kehitystä, oikominen voidaan aloittaa jo aiemmin. Kun ylähammaskaaren ristipurenta ja yläetuhampaiden selkeät virheasennot on hoidettu oikomisella ja ylähammaskaari levitetty, voidaan tehdä halkiokohtaan luunsiirtoleikkaus. Luunsiirtoleikkauksella voidaan korvata halkiokohdasta puuttuvaa luuta, parantaa nenän muotoa ja kasvojen symmetriaa. Leikkaus tehdään yleensä noin 9-10-vuoden iässä, kun etuhampaat ovat puhjenneet, mutta ennen kuin halkion puoleinen kulmahammas puhkeaa. Luunsiirtoleikkausta tarvitaan, kun täydellisessä huuli-

suulakihalkiossa ja huuli-ienhalkiossa luuta puuttuu hammaskaaren kohdalta. Ennen ja jälkeen luunsiirron tarvitaan oikomishoitoa hyvän lopputuloksen saavuttamiseksi. Luusiirre otetaan yleensä suoliharjanteen hohkaluusta, mutta luuta on myös mahdollista ottaa leuan kärjestä tai kallon luusta ja harvemmin kylkiluusta ja sääriluusta. (Hukki & Kalland 1998)

Laajoissa hammaspuutoksissa voidaan käyttää lisäksi apuna protetiikkaa esteettisen ja toimivan lopputuloksen aikaan saamiseksi. Välillä joudutaan turvautumaan myös kasvun päätyttyä leukakirurgiaan, jos yläleuka on huomattavan vajaakehittynyt ja leukojen epäsuhta suuri. Koska halkiopotilaiden yläleuka on yleensä liian pieni, siirretään sitä alaleuan osteotomialla (Le Fort I-leikkauksella) eteenpäin. Jos ylä- ja alaleuan välinen epäsuhta on suuri, voidaan yläleuan eteenpäin siirron lisäksi siirtää alaleukaa taaksepäin alaleuan osteotomialla. (Hukki & Kalland 1998)

3 3D-PINTAKUVANTAMINEN

Kuvantaminen on yksi tärkeimmistä työkaluista arvioimaan ja rekisteröimään kraniofasiaalista rakennetta. Staattisia 2D -kuvantamistekniikoita käytetään kraniofasiaalisen anatomian tutkimiseen, mutta 2D-tekniikat eivät mahdollista rakenteiden syvyyden tutkimista. 3D-kuvantaminen on kehitetty 1990-luvun alussa ja se on saavuttanut merkittävän roolin hammaslääketieteessä, erityisesti oikomishoidossa ja suun ja kasvojen kirurgiassa. Diagnostisessa 3D-kuvantamisessa kerätään anatomisten tietojen sarja teknologisia laitteita hyödyntäen, prosessoidaan ne tietokoneen avulla ja käytetään 2D-monitoria kuvan syvyysvaikutelman luomiseksi (Karatas & Toy 2014). 3D-mallinnettua kuvaa voidaan tarkastella mistä tahansa näkökulmasta ja sille voidaan suorittaa mittauksia mistä tahansa suunnasta. Tietokonetekniikan kehittyessä on syntynyt uusia sukupolvia mahdollistamaan 3D-kuvien muodostamisen prosessien nopeutumisen, yksinkertaistamisen ja paremman tarkkuuden (Hajeer ym. 2004).

3D-kuva muodostuu kolmesta ulottuvuudesta: x-akseli (horisontaalinen akseli), y-akseli (vertikaalinen akseli) ja z-akseli ("syvyys"-akseli). Nämä akselit muodostavat kuva-avaruuden (3D-avaruus), jossa moniulotteinen data esitetään. 3D-kuvan muodostamisessa on kolme vaihetta: mallintaminen, varjojen ja valon lisääminen ja renderöinti, joiden

jälkeen 3D-kuva on tarkasteltavissa tietokoneen kaksiulotteiselta näytöltä (Hajeer ym. 2004).

Hajeer ym. 2004 artikkelin mukaan yleisimmät kasvojen 3D-kuvantamisessa käytettävät tekniikat ovat: 3D Kefalometria, 3D CT-kuvaus ja 3D laserskannaus. 3D Kefalometria tarkoittaa kallon mittasuhteiden tutkimusta. Menetelmä on aikaa säästävää, mutta altistaa potilaan säteilylle eikä määrittele pehmytkudoksia. 3D CT-kuvaus on suosittu kuvantamismenetelmä lääketieteessä, mutta kasvojen alueen tutkimisessa menetelmän heikkouksia ovat mm. potilaan altistuminen korkealle ionisoivalle säteilylle, rajoitettu kasvojen pehmytkudosten resoluutio ja suussa olevien metallien aiheuttamat artefaktat. Karatas & Toy toteavat, että menetelmän hyödyt kuitenkin menevät mainittujen heikkouksien edelle erityisesti niissä tilanteissa, joissa on tarpeen hyödyntää intensiivistä erityyppisten kudosten tarkastelua. Lisäksi menetelmä on hyödynnettävissä hyvin laaja-alaisesti hammaslääketieteessä (Karatas & Toy 2014). 3D laserskannaus puolestaan tarjoaa vähemmän invasiivisen menetelmän kasvojen kuvantamiseksi esimerkiksi oikomishoidon tai suu -ja leukakirurgisten hoitojen suunniteluun ja evaluointiin. Menetelmän heikkouksia kasvojen skannaamisessa ovat mm. menetelmän hitauden aiheuttamat vääristymät kuvassa, turvallisuusnäkökulma (esimerkiksi silmien altistaminen laserille) ja kyvyttömyys tunnistaa pehmytkudoksia.

Uusimpana kasvojen 3D-kuvantamismenetelmänä on noussut kasvojen 3D-pintakuvantamismenetelmä, tietokonepohjainen stereofotogrammetria, jossa otetaan millisekunnissa useita yksivärisiä ja värillisiä stereokuvia. Näiden kuvien yhdistäminen tuottaa mitoiltaan tarkan 3D-aluemallin sekä värillisen ja realistisen kuvan. Kuvattaviin kasvoihin merkataan pisteitä, jotka toimivat maamerkkeinä. Maamerkkejä voivat olla esimerkiksi suun oikea nurkka, suun vasen nurkka, vasemman sieraimen reuna, nenän kärki ja oikean sieraimen reuna. Kasvot kuvataan 3D-kuvausjärjestelmällä, joka koostuu kahdesta tai useammasta kamerasta. Kamerat on sijoitettu kasvojen eri puolille stereokuvan muodostamisen mahdollistamiseksi. Jokainen kamera sisältää parin mustavalko- digitaalikameroita stereokuvan ottamista varten ja värillisen digitaalikameran ihon tekstuurin kaappaamiseksi. Kasvot valaistaan salamalla. Kuvien oton jälkeen maamerkit digitalisoidaan tietokoneen näytöllä kolmeen tekijään: x-, y- ja z-koordinaattiin. (Ayoub ym. 2003)

Pintakuvantamiseen liittyvien maamerkkien edelleen kehitystä on tutkittu Claes ym. (2012) tutkimuksessa. Tämän tutkimuksen mukaan pinnan rekisteröintitekniikat poikkeavat perinteisestä kasvojen antropometriasta siten, että ne eivät ota analyysiin mukaan anatomisia suhteita. Perinteisen tutkimuksen aikaiset rekisteröinnit pohjautuvat niiden alueiden tai pisteiden valintaan, jotka eivät ole liikkuneet leikkauksen aikana. Tämä johtaa subjektiivisuuteen. Paranneltu tekniikka perustuu antropometriseen maskiin, joka yhdistetään kuvien päällekkäin asettamisen kanssa. Tämä antropometrinen maski on vastaava kuin perinteisessä antropometriassa käytetyt maamerkit, mutta siinä havainnollistaminen tapahtuu alueellisesti tiheällä tavalla käyttäen näennäismaamerkkejä. Pintakuvien päällekkäin asettaminen mahdollistaa tarkat alueelliset mittaukset vastaavien näennäismaamerkkien välillä. Arviointi kuvaa muutoksen voimakkuutta ja suuntaa objektiivisesti ja se voidaan esittää graafisesti.

3D-pintakuvantamisen avulla voidaan välttää kokonaan potilaalle aiheutuva säteilyrasitus. Aiemmin ei ole saatu tallennettua informaatiota potilaan kasvojen pehmytkudoksista myöhempää diagnostiikkaa varten, mutta nykyään se on mahdollista 3D-pintakuvantamisella. Samalla potilaan kasvokuva jää digitaaliseen arkistoon myöhempää tarkastelua varten. 3D-pintakuvantamistekniikka on erittäin käyttökelpoinen työskenneltäessä lasten kanssa sillä saatavan tiedon turvallisuuden, nopeuden ja luotettavuuden ansiosta. (Heiken ym. 2010) Stereofotogrammetria on alle 6-vuotiaiden lasten kasvojen pehmytkudosten kasvun ja hoitotulosten tarkastelussa paras menetelmä. 3D-kuvantamistekniikoita on käytetty suuhalkiolapsipotilailla arvioimaan huulien muutoksia leikkauksen ja nenäalveolin muokkauksen jälkeen. (Kujipers ym. 2014) Ayoub ym. (2003) tekemässä tutkimuksessa arvioitiin kasvojen kolmiulotteisen pintakuvantamisen tarkkuutta kasvojen morfologian tallentamisessa. Tutkimustulokseksi saatiin, että 3D-kuvausjärjestelmä on luotettava kasvojen epämuodostumien tallentamisessa ja sitä voidaan hyödyntää leikkausten jälkeisten muutosten arvioinnissa.

3.1 Huuli -ja suulakihalkiopotilaiden 3D-kuvantaminen

Kasvojen morfologian tutkiminen ja analysointi on erittäin tärkeää kasvojen epämuodostumien korjaustoimenpiteiden diagnostiikassa, leikkausta edeltävässä suunnittelussa, leikkauksen tulosten arvioinnissa ja symmetrian analysoinnissa. Huuli- ja suulakihalkiopotilaiden hoito kestää lapsuudesta aikuisikään, potilaat läpikäyvät usein

monia leikkausoperaatioita ja heidän hoitoonsa osallistuu eri alojen ammattilaisia. Huuli - ja suulakihalkiopotilaille on olemassa erilaisia hoitoprotokollia, joiden myötä hoidon tulosten evaluoinnin merkitys kasvaa. Tärkeimmät käytettävät 3D-tekniikat huuli- ja suulakihalkiopotilaiden hoidossa ovat KKTT, stereofotogrammetria ja laserpintaskannaus. Näitä tekniikoita käytetään pääasiassa pehmytkudosten analyysiin, luusiirteiden arviointiin ja kraniofasiaalisen luuston muutoksiin. Tutkimusten perusteella on todennettu, että erilaiset 3D-tekniikan tutkimusmenetelmät soveltuvat sekä pehmytkudosten ja tilavuuksien tutkimiseen että leikkausten suunnitteluun ja tulosten arviointiin erityisen hyvin tarkkuutensa ja monimuotoisen hyödyntämisen ansiosta. (Kuijpers ym. 2014)

Huuli -ja suulakihalkiopotilaiden nenän muoto muuttuu poikkeuksetta kolmiulotteisesti rinoplastisten operaatioiden myötä. Nenän epämuodostumat voivat vaihdella lähes näkymättömistä erittäin merkityksellisiin epämuodostumiin halkion tyypistä ja vakavuudesta riippuen. Nenän epämuodostuman korjaaminen huuli -ja suulakihalkiopotilailla on haasteellista. Primäärinen rinoplastia tulisi tehdä samaan aikaan primäärin huulen sulkemisoperaation kanssa. Van Loon ym. (2010) tutkivat 3D-kuvantamisen hyödyntämistä nenän tilavuuden muutoksen arvioinnissa sekundäärinen rinoplastian yhteydessä. Tutkimuksessa potilaalle tehtiin 3D-tutkimukset ennen ja jälkeen sekundääristä rinoplastiaa. Kuvista rajattiin tarkastelun kohteeksi pelkästään nenä ja nenä jaettiin vasempaan ja oikeaan puoleen, jotta voitiin mitata kummankin puolen tilavuus ennen leikkausta ja sen jälkeen. Muutosta arvioitiin vertaamalla ennen leikkausta ja kolme kuukautta leikkauksen jälkeen nenän kokonaistilavuutta, halkion puoleisen sieraimen tilavuutta, halkiottoman puolen sieraimen tilavuutta ja laskennallista tilavuussymmetriaa. Tutkimuksen perusteella todettiin nenän tilavuuden kasvaneen merkittävästi halkion puolella ja nenän symmetrian parantuneen leikkauksen jälkeen. 3D-kuvantamisen todettiin mahdollistavan herkän, nopean ja ei-invasiivisen menetelmän arvioida huuli – ja suulakihalkiopotilaiden nenän tilavuuden ja symmetrian paranemista rinoplastisella operaatiolla. Menetelmää voidaan käyttää arvioimaan myös uusintaleikkausten tarvetta. (van Loon ym. 2010)

3.2 3D-pintakuvantamisen käyttöympäristö

3D-kuvantamisen käyttö kasvojen alueen kuvaamisessa on yleistynyt merkittävästi. Parhaan mahdollisen lopputuloksen aikaansaamiseksi tulee kuitenkin kiinnittää huomiota

kuvausympäristöön liittyviin tekijöihin. Heike ym. (2010) ovat tutkimuksessaan selvittäneet tekijöitä, jotka vaikuttavat 3D-kuvantamisen lopputulokseen. 3D-tutkimuslaitteiston sijoittamisessa tulee huomioida, että laitteistoa käytetään riittävän isossa tilassa, joka mahdollistaa laitteiston sijoittamisen, potilaan asettamisen kuvausta varten ja henkilökunnan vapaan liikkumisen. Kuvaustilan tulisi olla suojattu ulkoisilta häiriötekijöiltä ja sen tulee sijaita sisäverkon hyvän kuuluvuuden piirissä. Valaistuksen osalta Heike ym. (2010) kiinnittivät huomiota siihen, että liiallinen valo voi häiritä laitteen omaa valaistuksen säätöä. Näin ollen huoneessa ei tulisi olla esimerkiksi isoja ikkunoita, joita ei saa peitettyä. Optimaalisin tilanne on, jos 3D-kuvantamiselle on käytettävissä pysyvä ympäristö ja tila, joka on säädetty ja kalustettu kuvantamiseen sopivaksi.

Potilas tulee voida sijoittaa kuvantamislaitteeseen nähden sen mukaan, kuvataanko potilaalta pelkät kasvot vai pää ja kasvot. Potilaan olisi suotavaa istua mahdollisimman luontevassa asennossa ja ennen kuvausta potilaan tulisi riisua silmälasit ja kasvojen alueen korut pois. Rasvainen iho ja meikki voivat myös aiheuttaa häiriöitä kuvaan. Heike ym. (2010) ovat ohjeistuksessaan kiinnittäneet huomiota siihen, että potilaan hiukset voivat aiheuttaa herkästi häiriöitä kuvaan. Tämän vuoksi erityisesti otsan ja korvien alueen hiukset tulee asetella pois kasvoilta. Jos käytetään hiukset peittävää suojapäähinettä, tulee varmistaa, ettei se paina potilaan kasvoja epäluonnollisesti. Vaatetuksen osalta tulee huolehtia, että potilaan korkeakauluksiset paidat, hupparit ja muut kaulan alueen peittävät vaatteet otetaan pois kuvaukseen. (Heike ym. 2010)

4 3D-PINTAKUVANTAMISEN KÄYTTÖ HALKIOPOTILAIDEN HOIDOSSA JA SEURANNASSA

Al-Rudainy ym. (2019a) pitkittäistutkimuksessa tutkittiin 3D-kasvokuvantamista apuna käyttäen yksipuolisten huuli- ja suulakihalkioiden kirurgisen hoidon jälkeisen kasvojen kasvun vaikutusta kasvojen ulkonäköön. Tarkoituksena oli arvioida kirurgisesti hoidettujen yksipuolisten huuli- ja suulakihalkiopotilaiden kasvojen epäsymmetriaa kirurgian jälkeen. Tutkimuksessa käytettiin 15:sta Iso-Britanniassa vastasyntyntä lasta, joilla oli huuli- ja suulakihalkio. Tutkimus toteutettiin ottamalla halkiopotilaista 3D-kasvokuvia ennen korjausleikkausta, neljä kuukautta leikkauksen jälkeen ja neljän vuoden seurannassa käyttämällä stereofotogrammetriaa. Tutkimisessa käytettiin geneeristä kasvoverkkoa.

Kyseessä on matemaattinen kasvonaamio, joka kuvastaa lasten kasvoja kiinteällä määrällä indeksoituja huippuja. Nämä muodostuneet tuhannet lakipisteet olivat yhdenmukaisia tuotettujen 3D-kasvokuvien kanssa. Procustean-analyysin avulla jokaiselle ikäryhmälle saatiin keskimääräinen kasvoverkko. Matemaattisesti saatiin luotua peilikuva jokaisesta keskiarvoisesta verkosta kasvojen dysmorfioiden analysointia varten. Kasvojen epäsymmetriaa arvioitiin mittaamalla alkuperäisten ja peilikopioiden vastaavien kärkipisteiden etäisyydet mukautetuista verkoista ja ilmaisemalla ne värikoodatulla kartalla. Tutkimustuloksissa havaittiin, että kasvojen symmetria parani selvästi huulihalkion primaarin korjauksen jälkeen. Jäännösepäsymmetriaa havaittiin nasolabiaalisen alueen ympärillä ja kyseinen alue oli samalla kasvojen epäsymmetrisin alue; ylähuulivako, nenän ihosta ja sidekudoksesta muodostuva väliseinä sekä ylähuulen vermilion-raja osoittivat maksimaalista epäsymmetriaa, joka oli enemmän kuin 5 mm. Kasvojen kasvu korosti kasvojen epäsymmetriaa kolmesta suunnasta; ylähuulen huulirako devioi arpikudokseen päin halkion puolella. Nenän epäsymmetria oli merkittävästi huonompi nelivuotisessa tutkimuksessa eli jäännösepäsymmetria oli selvempi vasta neljän vuoden päästä korjausleikkauksesta. Tutkimuksen mukaan mukautettu kasvoverkko tarjosi luotettavan ja innovatiivisen työkalun kasvojen morfologian kattavaan analysointiin ja sen avulla voidaan kehittää mm. primaarikorjauksen tekniikkaa.

Ayoub ym. (2011) tekemässä poikkileikkauksellisessa prospektiivisessä kontrolloidussa tutkimuksessa oli tavoitteena arvioida kolmiulotteista huulimorfologiaa primaarisen korjauksen jälkeen yksipuolisen huuli- ja suulakihalkion omaavilla lapsilla suhteessa rinnakkaiseen halkiottomaan otokseen. Tutkimus suoritettiin Yhdistyneessä kuningaskunnassa ja siihen otettiin kaksi ryhmää kolmevuotiaita lapsia. Toisessa ryhmässä oli 21 yksipuolisen huuli- ja suulakihalkion omaavaa lasta ja toisessa ryhmässä 96 halkiotonta kontrollilasta. Lapsista otettiin kasvokuvat kolmiulotteista kuvan sieppaustekniikkaa käyttäen. Kasvojen kolmiulotteiset kuvat käännettiin, jotta halkio saatiin vasemmalle puolelle kasvoja ja siten saatiin luotua homogeeninen ryhmä tilastollista analyysiä varten. Kolmiulotteisten antropometrinen pisteiden koordinaatit purettiin kasvokuvista. Kolmiulotteinen päällekkäin asettaminen implementoitiin ja lineaarisia mittauksia käytettiin vertailemaan halkio- ja kontrolliryhmiä oikealta ja vasemmalta puolelta. Samalla sukupuolierot huomioitiin. Ylähuulivaon (filtrum) harjanteen halkio ja halkiottoman puolen pisteet asetettiin uudelleen lateraalisesti ja posteriorisesti. Tässä havaittiin merkittävä kasvu filtrumin leveydessä. Tutkimuksessa ei

löydetty merkittäviä eroja halkio- ja kontrolliryhmän välillä liittyen ylähuulen kutaaniseen korkeuteen. Yksipuoleisilla huuli- ja suulakihalkiopotilailla huuli oli litteämpi ja taaemmaksi sijoittunut kuin kontrolliryhmällä. Stereofotogrammetria mahdollistaa jäljellä olevan dysmorfologian tunnistamisen halkion korjauksen jälkeen.

Kimura ym. (2019) tutkimuksen tavoitteena oli visualisoida ja kvantitatiivisesti analysoida kasvojen pinnan epäsymmetriaa primäärisen huulihalkion korjauksen jälkeen potilailla, joilla oli yksipuoleinen huuli- ja suulakihalkio. Näitä verrattiin kontrolliryhmään, joilla ei ollut halkioita. Tutkimus oli retrospektiivinen vertaileva tutkimus. Tutkimukseen osallistui 23 potilasta, joilla oli täydellinen yksipuolinen huuli- ja suulakihalkio sekä 23 tervettä japanilaista, jotka olivat saman ikäisiä. Stereofotogrammetrian 3D-kasvodatasta luotuja kuvia puolitettiin ja käännettiin symmetria-akselilla kasvojen keskiviivan mukaan. Graviteetin ja tiheyden eroavaisuudet halkiopoolen ja halkiottoman puolen välillä laskettiin ja niitä verrattiin terveeseen ryhmään. Tutkimuksessa käytettiin ryhmien välisessä vertailussa niin kutsuttuja seeprakuvia ja varjokuvia. Verrattaessa halkiopotilaiden ja kontrolliryhmän seeprakuvia toisiinsa, löydettiin huulen alueella merkittävä eroavaisuus graviteetin (2,66 vs. 3,83 pikseliä) ja tiheyden (11,36 vs. 18,84 pikseliä) välillä. Varjokuvissa ei havaittu vastaavaa. Tutkimuksen mukaan 3D-kuva-analyysi tarjoaa huuli-suulakihalkiopotilaiden kasvojen epäsymmetriasta visuaalista ja kvantitatiivista tietoa ja voi siten auttaa parantamaan lihasten strukturointia huulihalkion korjausleikkauksessa.

Borns ym. (2019) Hollannissa tehdyssä pitkittäistutkimuksessa arvioitiin tahattomien ilmeiden vaikutusta kasvojen 3D-stereofotogrammetrian toistettavuuteen 3-18 kuukauden ikäisillä lapsilla, joilla oli täydellinen yksipuolinen huuli-, alveoli- ja suulakihalkio. 31:sta yksipuolisesta huuli- ja suulakihalkiolapsesta ja 50:stä kontrollilapsesta otettiin kymmenen minuutin aikana kolmesta kahdeksaan 3D-kasvokuvaa kolmen, kahdentoista ja kahdeksantoista kuukauden iässä. 3D-kartoitus suoritettiin kahdesta korkealaatuisesta 3D-kasvokuvasta aihetta ja ikää kohden. Kasvot olivat kuvissa levossa. Etäisyyspisteet laskettiin sekä koko kasvojen että nasolabiaaliselta alueelta. Koko aineistossa keskimääräinen variaatio kahden 3D-kasvokuvan välillä vaihteli välillä 0,38-0,88 mm. Eri ikäryhmien sisällä ei ollut merkittäviä eroja. Vaihtelu kontrollien ja yksipuolisten huuli- ja suulakihalkioiden välillä ei eronnut merkittävästi. Vaihtelu oli suurempi nasolabiaalialueella kuin koko kasvoissa. Tahattomien ilmeiden vaikutusta kasvojen kasvuun ei pidä aliarvioida, erityisesti kolmen kuukauden ikäisten yksipuolisten huuli- ja

suulakihalkiopotilaiden nasolabiaalisella alueella. Harjaantuneen kuvaajan tulisi ottaa kuvat noudattamalla tarkasti kuvankaappausprotokollaa ja tarkastaa kuva huolellisesti heti kuvan oton jälkeen 3D-kasvokuvan luotettavuuden parantamiseksi. Tutkimuksen mukaan kasvojen 3D-stereofotogrammetria on hyödyllinen työkalu kasvojen kasvun seuraamiseen pienillä lapsilla, joilla on kasvojen muodonmuutoksia, koska se ei altista säteilylle ja kuvan otto on helppoa ja nopeaa. Kokenut kuvaaja voi suorittaa kuvauksen luotettavasti kuvanotto-protokollan avulla 3-18 kuukauden ikäisille lapsille rippumatta siitä, onko heillä yksipuolinen huuli- ja suulakihalkio vai ei.

Al-Rudainy ym. (2019b) tutkimuksen tavoitteena oli arvioida kirurgisesti hoidettujen huuli- ja suulakihalkiopotilaiden kasvojen symmetriaa. Tutkimus toteutettiin 13 4-vuotiaalle lapselle. Heistä otettiin stereofotometriakuvat levossa ja maksimaalisella hymyllä. Kasvojen symmetrian arvioimiseksi käytettiin matemaattista kasvomaskia kiinteällä määrällä indeksoituja kärkipisteitä. Kasvoverkko kvantifioitiin mittaamalla eroja kasvojen vasemmalla ja oikealla puolella sen jälkeen, kun alkuperäinen 3D-kuva oli asetettu päällekkäin peilikuvien kanssa. Tuloksista voidaan nostaa esille se, että maksimaalisella hymyllä epäsymmetria huulen punaisella alueella ja sieraimen seinämän alueella kasvoi huomattavasti. Mediolateraaliosuunnassa filtrum siirtyi enemmän halkeaman puolelle ja näin ollen kasvatti epäsymmetriapisteitä. Ylähuulen epäsymmetria oli lisääntynyt huomattavasti maksimaalisessa hymyssä kaikkien suoraan huuliin vaikuttavien suun ympäristön nostolihasen ylöspäin suuntautuvien voimien seurauksena. Tutkimuksen tarkoitus oli mitata kasvojen epäsymmetriaa yksipuolisen huuli- ja suulakihalkion kirurgisen korjauksen objektiivisen lopputuloksen arvioimiseksi. Jäännösasymmetriaa esiintyi pääasiassa filtrumissa, mikä osoittaa tarpeen parantaa huulihalkion primaarikorjausta. Lisäksi korjaava leikkaus voi olla tarpeen.

Wong ym. (2019) tutkimuksen tarkoitus oli määrittää nasolabiaalisen alueen pehmytkudoksen jäännösepämuodostuman sijainti ja vaikeusaste aikuisten yksipuolisten huuli- ja suulakihalkiopotilaiden ja terveiden kontrollien välillä ennen ortogonaattista leikkausta. Tutkimukseen osallistui 16 aikuista miestä, joilla oli yksipuolinen huuli- ja suulakihalkio ja jotka hyväksyttiin primaariseen huuli- ja suulakileikkaukseen standardoidun Hongkongin protokollan mukaisesti. Kasvokuvat otettiin käyttämällä kolmiulotteista stereofotogrammetriaa ja kuvia verrattiin aikaisemmin julkaistuun Hongkongin referenssiryhmään, jossa oli 48 aikuista miestä. Käyttämällä kahden otoksen

t-testejä saatiin arvioitua erot lineaarisessa- ja kulmamitassa sekä epäsymmetriapisteissä kahden ryhmän välillä. Lisäksi asetettiin päällekkäin ”mukautettu” keskimääräinen yksipuolinen huuli- ja suulakihalkio-kasvomalli ja sitä verrattiin keskimääriseen terveiden referenssiryhmän kasvonaamioon. Mittausten toistettavuus arvioitiin käyttämällä Studentin parillisia t-testejä ja luotettavuuskertoimia. Kahden ryhmän välillä havaittiin tilastollisesti merkittäviä eroja sekä lineaarisessa että kulmamitoissa. Halkiopotilailla havaittiin selkeästi kapeampi sieraintason leveys, pidempi nenän väliseinä muuttumattomalla puolella, leveämpi nenä, matalampi huulen punan korkeus, lyhyempi ylähuulen pituus sekä lyhyempi filtrum. Ennen leikkausta halkiopotilailla oli myös huomattavasti enemmän kasvojen epäsymmetriaa. Keskiarvoisten kasvoverkkojen päällekkäin asettaminen osoitti selkeästi puutteiden paikan ja vakavuuden kolmiulotteisilla koordinaateilla mitattuna. Tutkimuksen mukaan monet nasolabiaalisista ominaisuuksista, joita on havaittu lasten halkioleikkausten jälkeen, jatkuvat myös aikuisuuteen. Huomattiin myös, että ortogonaattinen leikkaus vaikuttaa halkiopotilailla pehmytkudokseen eri tavalla kuin sellaisilla, joilla ei halkiota ole.

Bugaighis ym. (2014) tutkimuksessa oli tavoitteena tunnistaa kasvojen morfologisia eroja huuli- ja suulakihalkioisten lasten sekä ikä- ja sukupuolijakaumaltaan vastaavan kontrolliryhmän välillä. Tutkimuksessa oli 103 8–12-vuotiasta lasta, joilla oli halkio sekä 80 kontrolliryhmän lasta. Tutkimuksessa mukana olleilla lapsilla oli neljää erilaista halkiotyyppiä: yksipuoleinen huuli- ja suulakihalkio, yksipuoleinen huuli- ja alveolihalkio, kaksipuoleinen huuli- ja suulakihalkio sekä ainoastaan suulakihalkio. Kaikkien kasvot skannattiin käyttäen 3D-stereofotogrammetriaa, jossa käytettiin 39 pistettä, joille kaikille luotiin x-, y- ja z-koordinaatit. Tutkimuksessa laskettiin myös lineaariset- ja kulmamitat. Ryhmien välisten merkittävien erojen tunnistamiseksi otettiin myös kovarianttien monimuuttuja-analyysit. Merkittävin ero kontrolliryhmään verraten tutkimuksessa löydettiin sellaisten lasten osalta, joilta oli korjattu sekä huuli- että suulakihalkio. Kontrolliryhmän kanssa lähimpänä oli pelkästään suulakihalkioiset potilaat. Yleisesti merkittävimmät erot havaittiin 3D-pehmytkudosmittauksissa ja niissä pääasiassa nasolabiaalisella alueella.

Othman ym. (2019) pyrki validoimaan tutkimuksessaan lineaaristen mittausten tarkkuutta ja uudelleen tuotettavuutta 3D-kuvantamisessa verrattuna suoraan antropometriseen metodiin huuli- ja suulakihalkio potilaiden osalta. Halkiopotilaita oli yhteensä 37, joista 20

oli miehiä ja 17 naisia. Kaikkien potilaiden keski-ikä oli 23,84 vuotta. Tutkimuksessa potilaista otettiin 19 lineaarista kasvojen mittaa ja näiden ottamiseen käytettiin 16:tta standardisoitua mittauspistettä. Kaksi viikkoa ensimmäisten mittausten jälkeen otettiin uudet 19 lineaarista mittausta. Tilastollisiin analyyseihin käytettiin parillista t-testiä, Bland-Altman analyysiä ja sisäkorrelaatiokertoimen indeksiä. 3D-kuvantamiseen tutkimuksessa käytettiin VECTRA M5 360 -kamerajärjestelmää. Tutkimuksen tuloksista voidaan havaita, että suurimmalla osalla lineaarisista mittauksista ei ollut tilastollisesti merkittäviä eroavaisuuksia 3D-kuvantamisen ja suoran antropometrian välillä. Kuitenkin tutkimuksessa todetaan, että 3D-kuvantamisesta aiheutuu systemaattinen virhe nenän leveyden ja ylemmän huulen puna-alueen korkeudessa. Nämä virheet olivat 95% luottamusvälin sisällä, tarkemmin alle kaksi millimetriä. Tutkimuksessa myöskin todettiin, että mittausten toistettavuus on yleisesti hyvällä tasolla. Tutkimuksen mukaan 3D-kuvantaminen on validi ja toistettavissa oleva menetelmä arvioimaan huuli- ja suulakihalkiopotilaita.

5 TULOKSET

Tutkielmassa ilmeni, että 3D-pintakuvantamista voidaan käyttää kasvojen eri osa-alueiden muutosten kartoittamisessa ja seuraamisessa. Pääasiassa tällainen käyttötarkoitus tulee kyseeseen, kun potilaalle tehdään jokin kasvojen alueen kirurginen operaatio. Tämän tutkielman tarkoituksena olikin tutkia 3D-pintakuvantamisen käyttöä erityisesti huuli- ja suulakihalkiopotilailla. Kirjallisuudesta löytyy kohtalaisen hyvin aineistoa liittyen nimenomaan kirurgisten operaatioiden jälkeisen kasvojen piirteiden muutosten kartoitukseen halkiopotilailla.

3D-pintakuvantamisessa muutosten kartoittaminen tapahtuu niin sanottujen maamerkkien avulla, jotka määritellään potilaan kasvoista. Maamerkkien lisäksi kuvasta luodaan niin sanottu kasvoverkko. Kun otetaan potilaasta kuvat ennen ja jälkeen operaation, voidaan näiden edellä mainittujen pisteiden ja alueiden avulla seurata, kuinka kasvojen morfologiset ominaisuudet muuttuvat leikkauksen seurauksena. Tätä maamerkkien käyttöä on edelleen kehitetty niin sanotulla antropometrisellä maskilla, joka tarjoaa enemmän seurattavia pisteitä. Tämä mahdollistaa kasvojen anatomian paremman huomioimisen ja edelleen tarkemmat tulokset.

Tutkimuksessa havaittiin, että morfologisten muutosten seuraaminen onnistuu yhtä lailla niin lapsilla kuin aikuisillakin, kun käytetään 3D-pintakuvantamista. Tutkimuksessa ei myöskään havaittu eroja 3D-pintakuvantamisen käytettävyydessä eri sukupuolten välillä. Halkiopotilaiden osalta voidaan todeta myös, että 3D-pintakuvantamista voidaan käyttää eri huulihalkiotyyppien potilaille. Tutkimuksessa ei löydetty perustetta, että kuvantaminen olisi käytettävissä pelkästään suulakihalkiopotilailla.

3D-pintakuvantamisen voidaan todeta olevan erityisen hyödyllinen muihin vastaaviin kuvantamismenetelmiin verrattuna erityisesti lapsilla, koska pintakuvantaminen ei aiheuta säteilyrasitetta. Tutkielman tuloksena voidaan todeta, että 3D-pintakuvantaminen on validi menetelmä erityisesti huuli- ja suulakihalkiopotilaiden arvioimisessa. Lisäksi tutkimuksen tuloksena voidaan todeta, että 3D-pintakuvantaminen on hyvin toistettavissa oleva menetelmä, joka edelleen parantaa sen käyttömahdollisuuksia.

6 POHDINTA

3D-pintakuvantamisen käyttö tulee tulevaisuudessa nopeasti yleistymään sen käyttönopeuden ja helppokäyttöisyyden vuoksi. Kustannuksiltaan menetelmä on sen sijaan kallis. 3D-pintakuvantamisella saadaan tallennettua tietoa digitaalisessa muodossa potilaan pehmytkudoksista ja se voi tarjota tehokkaan työkalun kraniofasiaalisen morfologian tallentamiseen ja ilmaisemiseen. Kasvojen muodon objektiivisen arvioinnin mahdollistavat menetelmät tulevat yhä tärkeämmäksi ortodontian, plastiikkakirurgian, kirurgian ja genetiikan tutkimukselle. (Heike ym. 2010)

Huuli- ja suulakihalkiopotilaiden hoitoon on olemassa monia hoito-ohjelmia ja siksi hoitotulosten arviointi on yhä tärkeämpää. Olisi suositeltavaa dokumentoida ja tallentaa hoitotulokset tulosten arviointia varten. Odotettavissa on, että suurin osa suulakihalkioiden hoitotiimeistä tulee käyttämään uutta 3D-kuvantamisteknologiaa hoitotulosten arvioimisessa. (Kujpers ym. 2014)

3D-pintakuvantamisen voidaan sanoa olevan riittävän tarkka huuli- ja suulakihalkiopotilaiden seurantaan. Tämän, edelleen yhdistettynä menetelmän käytön

nopeuteen ja helppouteen, voidaan sanoa tuovan paljon hyötyä niin potilaille kuin hoitaville lääkäreillekin. Teknologian kehittyessä 3D-pintakuvantamisen tulokset todennäköisesti kehittyvät jatkuvasti, mikä voi mahdollistaa sekä nykyistä tarkemmat analyysit että myös uusia käyttökohteita menetelmälle. 3D-pintakuvantamista voidaan käyttää halkiopotilaiden hoidon tulosten arvioinnissa, hoidon suunnittelussa, hoitomenetelmien kehittämisessä, hoidon vaikuttavuuden analysoinnissa ja myös potilaan informoinnissa.

7 YHTEENVETO

3D-pintakuvantaminen on validi ja toistettavissa oleva menetelmä, jonka voidaan todeta soveltuvan huuli- ja suulakihalkiopotilaiden hoidonseurantaan. Menetelmää voidaan käyttää halkiopotilaiden hoidon tulosten arvioinnissa, hoidon suunnittelussa, hoitomenetelmien kehittämisessä, hoidon vaikuttavuuden analysoinnissa ja myös potilaan informoinnissa. Potilaan iällä tai sukupuolella ei ole merkittävää vaikutusta 3D-pintakuvantamisen käytettävyyden ja onnistumisen kannalta. 3D-pintakuvantaminen on sekä potilaan että ammattilaisen näkökulmasta helppokäyttöinen, nopea ja turvallinen menetelmä, mikä lisää sen hyödynnettävyyttä.

Teknologian kehittyminen on edistänyt ja tulee tulevaisuudessa edelleen edistämään 3D-pintakuvantamisen tarkkuutta ja käyttöä. Menetelmän voidaan olettaa tulevaisuudessa mahdollistavan yhä laajemmin hoidon suunnittelussa ja seurannassa hyödynnettävää dataa ja sen myötä mahdollistaa yhä parempia tuloksia huuli- ja suulakihalkiopotilaiden hoidossa.

8 LÄHTEET

- Al Omari F & Al-Omari IK (2004). Cleft lip and palate in Jordan: Birth prevalence rate. *Cleft Palate-Craniofacial Journal* 41(6): 609-612.
- Al-Rudainy D, Ju X, Mehendale FV & Ayoub A (2019a). Longitudinal 3D Assessment of Facial Asymmetry in Unilateral Cleft Lip and Palate. *Cleft Palate-Craniofacial Journal* 56(4): 495-501.
- Al-Rudainy D, Ju X, Mehendale F & Ayoub A (2019b). The effect of facial expression on facial symmetry in surgically managed unilateral cleft lip and palate patients (UCLP). *Journal of Plastic, Reconstructive and Aesthetic Surgery* 72(2): 273-280.
- Ayoub AF, Garrahy A, Hood C, White J, Bock M, Siebert JP ym. (2003). Validation of a Vision-Based, Three-Dimensional Facial Imaging System.
- Bugaighis I, Mattick CR, Tiddeman B & Hobson R (2014). 3D Facial Morphometry in Children with Oral Clefts. *The Cleft Palate-Craniofacial Journal*, Vol. 51, 4. s. 452-461. 01/07/2014
- Burg ML, Chai Y, Yao CA, Magee W,III & Figueiredo JC (2016). Epidemiology, etiology, and treatment of isolated cleft palate. *Frontiers in Physiology* 7(MAR).
- Brons S, Darroudi A, Nada R, Bronkhorst EM, Vreeken R, Berge SJ ym. (2019). Influence of involuntary facial expressions on reproducibility of 3D stereophotogrammetry in children with and without complete unilateral cleft lip and palate from 3 to 18 months of age. *Clinical oral investigations* 23(3): 1041-1050.
- Claes P, Walters M & Clement J (2012). Improved Facial Outcome Assessment using a 3D Anthropometric Mask.
- Fisher DM & Sommerlad BC (2011). Cleft lip, cleft palate, and velopharyngeal insufficiency. *Plastic and Reconstructive Surgery* 128(4): 342e-360e.
- Gleason CA & Juul SE (2018). *Avery's Diseases of the newborn*, Tenth Edition. Elsevier Philadelphia

- Hajeer MY, Millett DT, Ayoub AF & Siebert JP (2004). Current Products and Practices: Applications of 3D Imaging in Orthodontics: Part I.
- Heike CL, Upson K, Stuhaug E & Weinberg SM (2010). 3D Digital Stereophotogrammetry: A Practical Guide to Facial Image Acquisition.
- Hukki J & Kalland M (eds) (1998). Avoin Hymy: Halkiolapsen hoito vauvasta aikuisikään. Oy Edita Ab, Helsinki.
- Hupp JR, Ellis III E, Tucker MR (2014). Contemporary Oral And Maxillofacial Surgery, Sixth Edition. Elsevier Mosby, St. Louis, Missouri.
- Hsu P-, Denadai R, Pai BCJ, Lin H- & Lo L- (2020). Outcome of facial contour asymmetry after conventional two-dimensional versus computer-assisted three-dimensional planning in cleft orthognathic surgery. Scientific Reports 10(1).
- Karatas OH & Toy E (2014). Three-dimensional imaging techniques: A literature review. Eur J Dent. 8(1):132-140.
- Kimura N, Kim H, Okawachi T, Fuchigami T, Tezuka M, Kibe T ym. (2019). Pilot Study of Visual and Quantitative Image Analysis of Facial Surface Asymmetry in Unilateral Complete Cleft Lip and Palate. Cleft Palate-Craniofacial Journal 56(7): 960-969.
- Korbmacher H, Kahl-Nieke B, Schöchen M & Heiland M (2007). Value of Two Cone-Beam Computed Tomography Systems from an Orthodontic Point of View.
- Kuijpers MAR, Chiu Y-, Nada RM, Carels CEL & Fudalej PS (2014). Three-Dimensional Imaging Methods for Quantitative Analysis of Facial Soft Tissues and Skeletal Morphology in Patients with Orofacial Clefts: A Systematic Review.
- Lithovius R (2015). Aspects of cleft lip and palate from Northern Finland. Acta Universitatis Ouluensis D1336. Väitöskirja, Oulun yliopisto, lääketieteellinen tiedekunta
- Martelli DRB, Coletta RD, Oliveira EA, Swerts MSO, Rodrigues LAM, Oliveira MC ym. (2015). Association between maternal smoking, gender, and cleft lip and palate. Brazilian Journal of Otorhinolaryngology 81(5): 514-519.

- Mossey PA, Little J, Munger RG, Dixon MJ & Shaw WC (2009). Cleft lip and palate. *The Lancet* 374(9703): 1773-1785.
- Nadjmi N, Amadori S & Van De Castele E (2016). Secondary cleft lip reconstruction and the use of pedicled, deepithelialized scar tissue. *Plastic and Reconstructive Surgery - Global Open* 4(10).
- Othman SA, Saffai L & Hassan WNW (2019). Validity and reproducibility of the 3D VECTRA photogrammetric surface imaging system for the maxillofacial anthropometric measurement on cleft patients. *Clinical oral investigations*: 1-14.
- van Loon B, Maal TJ, Plooij JM, Ingels KJ, Borstlap WA, Kuijpers-Jagtman AM ym. (2010). 3D Stereophotogrammetric Assessment of Pre- and Postoperative Volumetric Changes in the Cleft Lip and Palate Nose.
- Wehby GL, Cassell CH (2010) The impact of orofacial clefts on quality of life and healthcare use and costs. *Oral Dis* 16(1): 3-10.
- Wong KWF, Keeling A, Achal K & Khambay B (2019). Using three-dimensional average facial meshes to determine nasolabial soft tissue deformity in adult UCLP patients. *Surgeon* 17(1): 19-27.